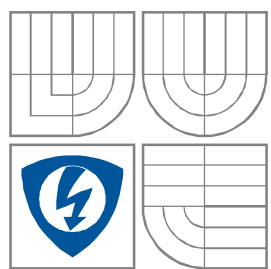


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION

DEPARTMENT OF BIOMEDICAL ENGINEERING

MĚŘENÍ KONCENTRACE VZDUŠNÝCH IONTŮ

MEASUREMENT OF AIR ION CONCENTRATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR KUDLIČKA

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JIŘÍ ROZMAN, CSc.

BRNO, 2011



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav biomedicínského inženýrství

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Biomedicínská technika a bioinformatika

Student: Petr Kudlíčka
Ročník: 3

ID: 119723
Akademický rok: 2010/2011

NÁZEV TÉMATU:

Měření koncentrace vzdušných iontů

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte vliv vzdušných iontů na zdravotní stav populace. Seznamte se s metodami měření koncentrace iontů v ovzduší. V rámci projektu proveďte systémový návrh měřiče vzdušných iontů. Pro systémový návrh měřiče vzdušných iontů navrhnete obvodové řešení. Práce musí obsahovat: celkové schéma zapojení a soupisku součástek i materiálu.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] ROZMAN, J., SADOVSKÝ, P., ČERMÁK, D. Diagnostika životního prostředí. VUT FEI, Brno, 2000.
- [2] KOLEKTIV. Škodlivé účinky statické elektřiny. DT ČSVTS, České Budějovice, 1988.

Termín zadání: 7.2.2011

Termín odevzdání: 27.5.2011

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Rozman, CSc.

prof. Ing. Ivo Provazník, Ph.D.
Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

Abstrakt

Náplní této práce je zhodnotit vliv iontů na životní prostředí a jejich tvorbu. Budou uvedeny některé možnosti měření koncentrace vzdušných iontů a jejich vzájemné porovnání. V blokovém schématu se dočteme o konstrukci samotného zapojení měřící aparatury. V závěru bude sestaveno schéma elektrického zapojení a vytvořen seznam součástí a materiálu.

Klíčová slova: Koncentrace vzdušných iontů, měření iontů, vzdušné ionty, lehké ionty, elektrické schéma zapojení

Abstract

This work evaluates effect of air ions on the environment. There is a part about ions' production. There are named some techniques of air ions measurement and their comparison. Apparatus of air ions concentration measurement is described in block diagram. There are electrical wiring diagram and list of used components.

Key words: Air ions concentration, ions measurement, air ions, light ions, electrical wiring diagram

KUDLIČKA, P. *Měření koncentrace vzdušných iontů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2011. Počet stran 44. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jiří Rozman, CSc..

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma Měření koncentrace vzdušných iontů jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této práce jsem neporušil(a) autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl(a) nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....
podpis autora (autorky)

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Rozmanovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

V Brně dne

.....
podpis autora (autorky)

Obsah

1	ÚVOD.....	7
2	VZDUŠNÝ OBAL ZEMĚ	8
2.1	VZDUŠNÉ IONTY	10
	<i>Tvorba iontů.....</i>	<i>10</i>
	<i>Rozdělení vzdušných iontů.....</i>	<i>12</i>
2.2	ČISTOTA OVZDUŠÍ	13
2.3	VLIV IONTŮ NA ZDRAVOTNÍ STAV POPULACE.....	14
3	MĚŘENÍ KONCENTRACE VZDUŠNÝCH IONTŮ.....	17
3.1	MĚŘENÍ LEHKÝCH IONTŮ	18
3.2	MĚŘENÍ TĚŽKÝCH IONTŮ	21
4	SYSTÉMOVÝ NÁVRH MĚŘIČE VZDUŠNÝCH IONTŮ.....	21
5	OBVODOVÉ ŘEŠENÍ.....	27
5.1	OPERAČNÍ ZESILOVAČ	30
5.2	NÁBOJOVĚ CITLIVÝ ZESILOVAČ	32
5.3	PŘEVODNÍK	33
5.4	DISPLAY	34
5.5	VENTILÁTOR	35
5.6	PSpICE	36
5.7	SOUPIS SOUČÁSTEK A MATERIÁLU	37
6	ZÁVĚR.....	39
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	40
	SEZNAM OBRÁZKŮ	42
	SEZNAM ZKRATEK.....	43
	SEZNAM PŘÍLOH.....	44

1 Úvod

Vzdušný obal Země se skládá z celé řady plynů, z nichž se v atmosféře můžou objevovat jak ve formě neutrálních molekul, tak i ve formě iontů. Ionty jsou elektricky nabitě částice; můžeme je tedy popsat velikostí náboje, který nesou. Tento náboj se dá různými metodami měřit.

Vliv iontů na živé organismy je různý. Hlavní změny přišly v „posledních“ letech, zejména minulé – 20. století; s růstem průmyslové výroby a obecně s rozvojem techniky. Tento rozvoj civilizace na jedné straně změnil koncentrace plynů, iontů, na druhé straně přinesl nové možnosti jejich měření a zkoumání.

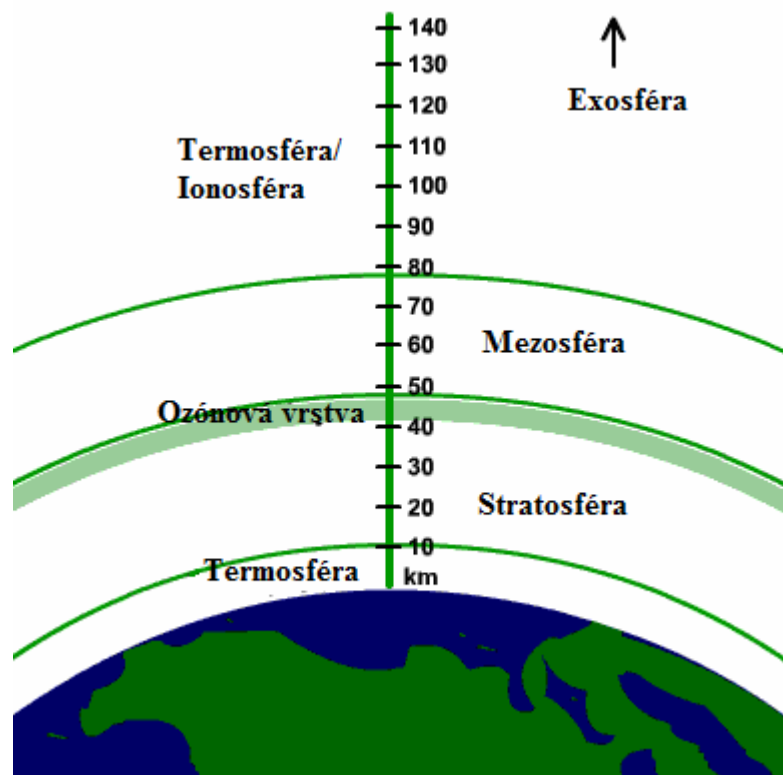
Zkoumáním látek, iontů v našem prostředí se dospělo k závěrům, že pozitivní vliv na fyzické ale i psychické stavy lidí mají lehké záporné ionty. Jedna z představ jak nás mohou tyto látky ovlivňovat je následující: ionty inhalujeme, v plicích, v alveolech (plicních sklípcích) reagují s membránou, která přejímá jejich náboj a vyvolává dráždění nervových vláken. Takto podrážděné aferentní = dostředivé neurony stimulují aktivitu určitých center mozku. Vzduch, bohatý na takové ionty, se nám jeví jako příjemnější, dýchatelnější a v neposlední řadě také jako čistý. Lehké záporné ionty podporují léčení některých respiračních onemocnění, např. při bronchiálních obtížích. Elektrometabolický účinek iontů se projevuje jak v krevním řečišti, tak na kůži, v CNS,... Výsledkem účinku iontů na centrální nervovou soustavu může být zvýšená mozková aktivita, lepší paměť, zmírnění nespavosti. Dále také zlepšují náladu. Účinky související s krevním řečištěm jsou hlavně pokles krevního tlaku, snížení hladiny serotoninu nebo vzrůst pH krve. Projevy pozorované na poraněné kůži, vystavené účinku iontů, spočívaly především ve snížení náchylnosti kůže k sekundární infekci, [5].

2 Vzdušný obal Země

Vzdušný obal Země se nazývá atmosféra a lze jej podle vertikální vzdálenosti od povrchu Země rozdělit na několik sfér: troposféra, stratosféra, mezosféra, termosféra, exosféra. Největší část plynné hmoty (udává se až 80%) je obsaženo v nejnižší vrstvě, v troposféře, [2]. Asi polovina celkové hmoty je obsažena do výšky 5 500 km. Troposféra je vrstva dosahující proměnné mohutnosti, vyskytující se v rozmezí 7-12 km, měnící se v závislosti na ročním období a zeměpisné šířce. V oblasti rovníku je mohutnější - sahá výše: 16-18 km, naopak v oblasti pólů sahá do menší výšky: 7-9 km. V oblasti mírného pásu troposféra sahá do výšky 11 km. S časem se vrstva troposféry mění tak, že v létě je vrstva větší, vyšší než v zimě, kdy je tomu naopak, [9].

Další významnou vrstvou je stratosféra – vzdušný obal země, vyskytující se nad troposférou, dosahující výšky 18-50 km. Vyskytuje se zde tříatomový kyslík – ozón O_3 , tvoří ochranný štít před škodlivým zářením z vesmíru. Ozón je v této vrstvě nepostradatelný. Naopak v blízkosti zemského povrchu je ozón nežádoucí, působí totiž negativně nejen na zdraví lidí, ale i na životní prostředí. Nárůst teploty je zapříčiněn absorpcí UV záření atmosférickými plyny. UV záření může rozrušovat buněčné struktury vystavené jeho účinkům nebo způsobit jejich mutaci. Zejména nad póly dochází k úbytku ozónu – tvorba ozónových děr. Jejich počet se zvětšuje hlavně na jaře, kdy sluneční záření aktivuje chlorové sloučeniny v ledových krystalcích. Příčinou vzniku ozónové díry jsou chlorované a fluorované uhlovodíky, např. freon ze sprejů či chladniček, které ničí ozón. Od další vrstvy je oddělena stratopauzou, [11]. Viz Obrázek 1. Rozdělení jednotlivých vrstev atmosféry, [12].

Na základě elektrických vlastností, koncentrace atmosférických iontů a volných elektronů si můžeme atmosféru rozdělit na neutrosféru (0 – 65 km) a ionosféru (od 60 - 70 km), [2]. Neutrosféra se vyznačuje přítomností takřka pouze elektricky neutrálních plynů (minimum iontů a volných elektronů). Naopak v ionosféře jsou až ve 3% přítomny ionty a volné elektrony. Výskyt těchto částic je zapříčiněn účinky UV záření, kosmického záření, aj. Tato vrstva je mj. důležitá i z fyzikálního hlediska, využívána jako hlavní prostor přenosu rádiových vln.



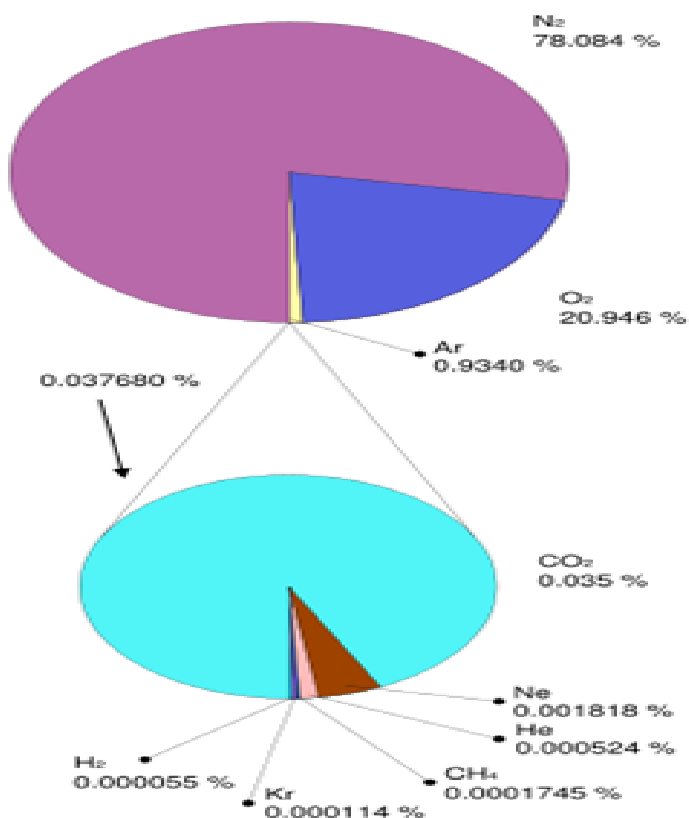
Obrázek 1. Rozdělení jednotlivých vrstev atmosféry, [12].

Vrátíme se k troposférické vrstvě atmosféry, kterou si můžeme rozebrat podle množství a typu přítomných látek. V této vrstvě se vyskytují všechna skupenství - kapalné skupenství (př. H_2O), pevné částice (př. prachové částice). Nás ovšem bude zajímat především plynné skupenství. Z něj se ve vzdušném obalu vyskytují především tyto látky (procenta udávají zastoupení daného plynu v troposféře), [2]:

- dusík (N_2) – 78,08%
- kyslík (O_2) – 20,95%
- argon (A) – 0,93%
- oxid uhličitý (CO_2) – 0,035%
- ostatní plyny – 0,01%

Mezi ostatní plyny patří neon (Ne), helium (He), methan (CH_4), krypton (Kr), vodík (H_2).

Na Obrázek 2. Grafické znázornění zastoupení plynů v atmosféře, je znázorněno rozložení plynů v atmosféře. Dominuje zde dusík, dále ve velkém množství je zde kyslík a další již v menším počtu přítomné plyny: argon, oxid uhličitý a další.



Obrázek 2. Grafické znázornění zastoupení plynů v atmosféře, [13].

2.1 Vzdušné ionty

Tvorba iontů

Atomy všech látek se skládají z atomového obalu a z atomového jádra. V jádru se vyskytují neutrony a protony, souhrnně se označují nukleony. V obalu se nacházejí elektrony, pohybující se po přesně vymezených drahách, na přesných energetických hladinách. Pokud je atom elektricky neutrální, potom se množství elektronů e^- rovná množství protonů p^+ .

Toto tvrzení vychází z faktu, že velikost náboje $1 e^-$ = velikosti náboje $1 p^+$, náboje se liší pouze polaritou (elektron je záporně nabit, proton kladně).

$$\text{Číselně hodnota náboje} \quad 1 e^- = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 p^+ = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

Převážně se atmosférické plyny vyskytují v elektricky neutrální podobě (celkový vnější náboj je roven nule), ovšem může dojít působením chemických (tvorba sloučenin, například solí) nebo fyzikálních faktorů (např. ionizace) ke změně elektrické rovnováhy látky. Těmito procesy vznikají ionty. Ionty jsou látky vykazující navenek elektrický náboj. Podle polarity náboje je dělíme na kationty a anionty. Kationty mají kladný náboj, tedy převažují v nich protony nad elektrony, a v případné elektrolýze by se pohybovaly k záporné elektrodě - katodě. Naopak u aniontů jsou ve větším množství přítomny elektrony, tedy navenek má látka záporný náboj. Pokud dochází k vychýlení z elektrické rovnováhy, ať už na jakoukoliv stranu, tak je to většinou způsobeno změnou v elektronovém obalu, tedy v počtu e^- . Protony, vyskytující se v jádře, se většinou neúčastní nejtriviálnějších reakcí. Tento fakt je způsoben energetickou náročností jednotlivých změn v atomech v průběhu reakcí. Energie nutná pro jakékoliv změny v elektronovém obalu je menší, než energie nutná pro změny související s jádrem atomu.

Poměr koncentrace kladných a záporných vzdušných iontů v atmosféře je proměnný. Záleží na několika faktorech: na zeměpisné šířce, na hodině provedení měření, aj. Vodivost samotného vzduchu je umožněna mj. na základě existence zemského elektrického pole. Vodivost je různá s měnící se zeměpisnou šířkou. Celkový elektrický model Země lze popsat tak, že Země je nabitá záporně, kdežto horní vrstvy atmosféry představují kladný pól. Toto pole stojí také za přírodními úkazy jako jsou bouřky a blesky. Mezi těmito póly (kladným jádrem a zápornými vyššími sférami) existuje trvale určitý potenciál, který se mění v čase, za předpokladu, že geografická poloha je konstantní. Různá místa se pak od sebe také liší. Jiný potenciál najdeme v urbanizované krajině, jiný v lese, a v uzavřených stíněných místnostech nenaměříme žádný – Faradayova klec.

Rozdělení vzdušných iontů

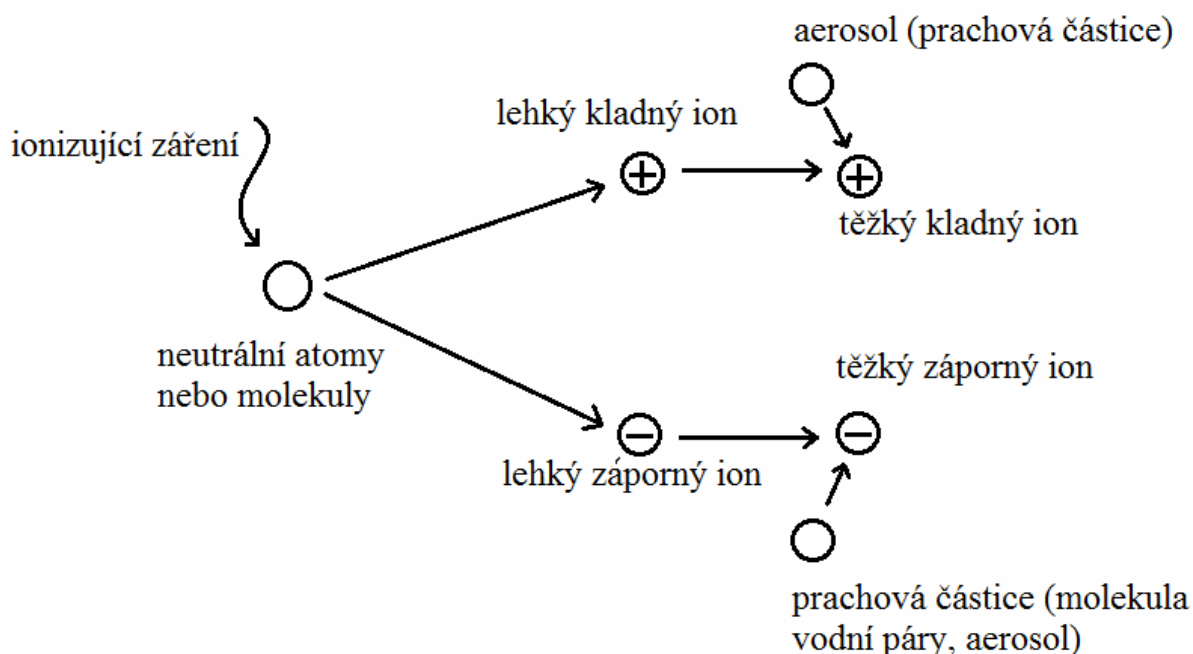
Ionty můžeme dělit jak podle velikosti, tak podle náboje, který nesou. Atmosféra ovšem jako celek je elektroneutrální, tedy musí platit

$$n^+ = n^- \quad (1)$$

kde n^+ je počet kationů a n^- je počet anionů. Poté časová změna jejich koncentrací se dá vyjádřit jako derivace, [5]:

$$-\frac{dn^+}{dt} = -\frac{dn^-}{dt} = -\frac{dn}{dt} \quad (2)$$

Obecně platí, že záporné ionty jsou menší než kladné. Menší ionty mají vyšší pohyblivost než větší ionty. Z toho vyplývá, že pohyblivost záporných iontů je vyšší než kladných. Čistý vzduch má obsah asi 40% všech prachových částic nenabitých, zbývá 30% pro kladně nabitě, stejně jako 30% záporně nabitých. Tato procenta nejsou pevná, často se mění v závislosti na více faktorech.



Obrázek 3. Iontová aglomerace v ovzduší, [5].

Těmito faktory jsou jak meteorologické jevy (teplota, tlak, vlhkost, směr a síla větru, inverze, dále také déšť, sluneční aktivita..), denní a noční cyklus, roční období, ionizující záření, množství a typ dalších látek (např. prachové částice). Ionty můžou snadno reagovat s jinými ionty nebo také se zmíněnými prachovými částicemi. Výsledkem těchto reakcí může být změna jak velikosti iontů, tak i např. vzájemná neutralizace anionu s kationem. Na Obrázek 3. Iontová aglomerace v ovzduší, je schematicky nakreslený možný průběh reakce v atmosféře.

2.2 Čistota ovzduší

V předchozí kapitole jsme se seznámili s možnostmi vzniku iontů. Následující vztahy budou uváděny pro měření za normální teploty a tlaku. Hodnocení ovzduší může být provedeno porovnáním počtu iontů těžkých ku lehkým. Z tohoto poměru jsme pak schopni zhodnotit míru čistoty. Pro čistý vzduch by mělo platit, [5]:

$$\frac{N_{těžké}}{N_{lehké}} \leq 10 \quad (3)$$

S mírou znečištění roste tento poměr (3), tedy vzrůstá počet těžkých iontů, a nebo ubývá množství lehkých iontů. V případě mlhy nebo smogu docházíme k číslům, které výrazně převyšují hraniční hodnoty pro čistý vzduch.

V průběhu let se objevila řada matematicko – fyzikálních vztahů, které se zabývají otázkou čistoty ovzduší. Ovšem jejich možnosti a univerzálnost jsou značně omezeny.

Vztahy popisující souvislost mezi počtem lehkých iontů n_∞ , jejich rekombinačním koeficientem α , počtem těžkých iontů N_r a počtem kondenzačních jader Z mají velmi omezenou platnost. Pro popis kupř. venkovského vzduchu dobře vyhovuje Nolanova rovnice, [5]:

$$q = \alpha \cdot n_\infty^2 + b \cdot N_r \cdot Z^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

kde α je rekombinační koeficient lehkých iontů; n_{∞} počet lehkých iontů; b je empirická konstanta o velikosti $5,5 \cdot 10^{-4}$; N_r je počet těžkých iontů; Z je počet kondenzačních jader.

V reálném prostředí se přibližujeme vztahu (1), přesto tato rovnováha neplatí absolutně dokonale. Množství n^+ a n^- se může měnit, tuto nerovnost tedy můžeme opět vyjádřit poměrem, [5]:

$$P = \frac{n^+}{n^-} \quad (5)$$

kde hodnota P je poměr množství n^+ a n^- , která např. v přízemní vrstvě troposféry nabývá hodnot.

$P = 1,13$; ve znečištěném prostředí poměr stoupá $P \geq 2$, naopak v čistém prostředí klesá $P \leq 1$.

Tabulka 1. Množství vzdušných iontů za daných meteorologických podmínek, [5]:

Meteorologické podmínky:	n^+	n^-	P
normální jasný den	480	390	1,23
bouřka	630	720	0,88
mlha	260	250	1,04
oblačnost	580	530	1,09

2.3 Vliv iontů na zdravotní stav populace

Organismy a obecně všechny látky jsou složeny z molekul, atomů. Proto, aby daná látka byla stabilní, tak je v ní řadou mechanismů udržována rovnováha – chemická i fyzikální.

Příkladem takové rovnováhy u živých organismů je např. pohyb přes polopropustnou membránu po koncentračním spádu z jednoho prostředí do druhého

s cílem dosáhnout chemické rovnováhy. Příkladem fyzikální rovnováhy může být udržování elektrické rovnováhy jak na buněčné, tkáňové, orgánové, nebo celkové úrovni. Slovem rovnováha myslíme takový stav, kdy pozorované veličiny nabývají ustáleném stavu.

Na základě již uvedených přínosných účinků lehkých záporných iontů na lidský organismus byla sestrojena zařízení, využívající kladné odezvy pacienta na dané látky. V přírodě lze nalézt místa s přirozeně zvýšenou koncentrací záporných lehkých iontů, např. jeskyně, okolí vodopádů. Zde jsou pacienti vystavováni po relativně dlouhou dobu (př. celý týden), poměrně malé dávce. Jiným přístupem může být aplikace účinné látky pacientovi v krátkém čase (př. 3 x 2 hodiny), ale o vysoké koncentraci. Výsledné množství vstřebaných iontů je v obou postupech takřka shodné. Dá se polemizovat nad faktorem času, který časový průběh je přínosnější. K pozitivním účinkům a jejich využití je ještě nutno zmínit, že léčba je tím přínosnější a projevy výraznější v závislosti na míře onemocnění pacienta. U zdravých jedinců, kteří byli vystaveni účinkům iontů, nevidíme žádné výrazné změny. Naopak u nemocných, kteří byli takto léčeni, je vysoká pravděpodobnost, že se stav viditelně zlepší, [5].

Existují ionty, které jsou pro organismy toxické. Takovým látkám bychom se měli vyvarovat a stanovit limit jejich produkce na co nejnižší hodnotu. Z výzkumů se dále prokázalo, že ovzduší, zbavené všech iontů, je také toxické. Z toho vyplývá důležitost a nutnost se touto skutečností vědecky zabývat.

Změny, týkající se ovzduší, jistě nemalou měrou ovlivňuje rozvoj civilizace, včetně například dopravy. Z *Tabulka 2*: Nárůst počtu provozovaných vozidel v městě Brně., je patrné, že množství automobilů mírně vzrůstá (od roku 2000 do roku 2007 o 14%). Na druhou stranu, co se dopravy týká, jsou uplatňovány stále tvrdší emisní normy, které zajišťují alespoň konstantní úroveň celkového znečištění – nové technologie jsou ekologicky více šetrné, ale aut, zdrojů znečišťování, stále přibývá.

Tabulka 2: Nárůst počtu provozovaných vozidel v městě Brně, [7]:

Rok	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Počet vozidel	216 845	218 070	214 824	216 498	222 588	230 621	242 619

V souvislosti se vzdušným prostředím se zavádí termíny jako emise, imise a exhalace. Emisemi se označují všechny látky vypouštěné ze zdrojů znečišťování ovzduší. Tyto látky se mohou vyskytovat jak v plynném, tak v kapalném ale i v pevném skupenství. Imise je emise, která je v určité koncentraci a čase, reaguje s životním prostředím, ve kterém se projeví její nepříznivé následky. Tedy taková látka, která se nachází v přírodě a způsobuje samotné znečištění, konkrétně v našem případě znečištění ovzduší.

Příklad: Emise, která je uvolněna zdrojem, nejčastěji komíny, výfuky, se v ovzduší smísí s okolním vzduchem, může se pohybovat, přenášet a často podléhá chemickým změnám. Těmito ději se z emise stává imise.

Obecně se dále zavádí pojem exhalace, kterým rozumíme souhrnné označení emisí a imisí.

Jako opatření proti nekontrolovanému vzrůstu exhalací jsou určovány emisní limity. Emisní limity definuje zákon č. 86/2002 SB., O ochraně ovzduší; jako:

Nejvýše přípustné množství znečišťující látky nebo stanovené skupiny látek nebo prachových látek vypouštěné do ovzduší ze zdroje znečišťování ovzduší vyjádřené jako hmotnostní koncentrace znečišťující látky v odpadních plynech nebo hmotnostní tok znečišťující látky za jednotku času nebo hmotnost znečišťující látky vztahená na jednotku produkce nebo lidské činnosti nebo jako počet prachových jednotek na jednotku objemu nebo jako počet částic znečišťující látky na jednotku objemu, [3].

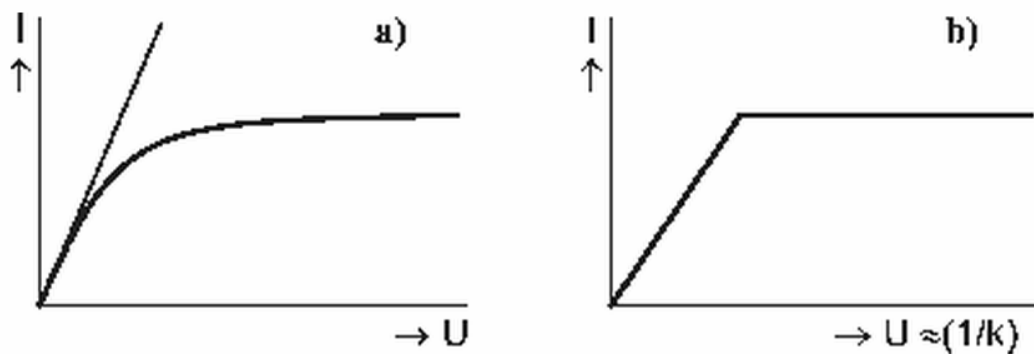
Tyto limity jsou stanovovány jak státními orgány jednotlivých států, tak i větších celků – např. EU, a také bývají sepisovány nadnárodní až globální smlouvy mezi státy a státními uskupeními napříč celým světem. Příkladem takové nadnárodní smlouvy může být například Kjótská smlouva, Kjótský protokol, vytvořen v japonském městě Kjótu v roce 1997. Státy, které tento protokol ratifikovaly, se zavázaly ke snížení skleníkových plynů o 5,2%. Česká republika protokol ratifikovala 15.11.2001. Protokol má ke dni 6.11. 2009 celkem 190 smluvních stran, z toho tyto země se na celkových emisích podílejí 63,7%. USA je jednou z ekonomicky nejvyspělejších zemí, která Kjótský protokol neratifikovala, [20].

3 Měření koncentrace vzdušných iontů

Pro měření koncentrace atmosférických iontů se dnes používá několik metod: metoda nepohybujícího se vzorku vzduchu (rozptylové metody), metoda paralelních měření (iontospektrometr), metoda Faradayovy klece a metoda aspiračního iontometru (kondenzátoru), [21]. Dále lze vzdušné ionty měřit optoelektronickými metodami mezi ty řadíme tři následující: diferenční metoda, založená na interferenci odraženého a procházející elektromagnetické vlny vhodným prostředím. Druhá se nazývá polarizační metoda, využívá změny úhlu polarizace elektromagnetické vlny při průchodu lineárně polarizovaného záření velmi tenkou vrstvou. Třetí metoda je duální kvadrurní elipsometrie, která při měření využívá Wollastonův hranol, [22].

Obecně metody měření iontů jsou poměrně složité z toho důvodu, že ionty jsou většinou přítomny v malém množství, tedy jejich projevy jsou velmi slabé. Výjimkou je měření množství iontů nedaleko iontového generátoru, který ionty produkuje, a tedy v bezprostřední blízkosti je jejich koncentrace několikanásobně vyšší.

V této kapitole se zaměřím pouze na aspirační metodu měření koncentrace vzdušných iontů. Tato metoda je založena na měření vodivosti ionizovaného vzduchu. Na rozdíl například od rozptylové metody dosahuje větší přesnosti měření, a lze ji využít pro stanovení spektrální charakteristiky iontových polí. Výhody aspirační metody nad rozptylovou vyplývají ze srovnání A-V charakteristik těchto metod, viz. Obrázek 4. A-V charakteristika měřená a) rozptylovou metodou, b) aspiračním kondenzátorem. Porovnáním charakteristik obou metod nacházíme výrazné tvarové rozdíly. K určení vodivosti musíme znát sklon charakteristiky v oblasti ohmického proudu. Jak je vidět na obrázku, ohmický proud v případě rozptylového uspořádání ve statickém vzduchu existuje pouze v oblasti nulového napětí. Již při nízkém napětí je patrný ohyb charakteristiky. A tak přesnou hodnotu vodivosti lze v tomto případě stanovit jen ze sklonu tečny v patě křivky. A-V charakteristika u aspirační metody (saturační charakteristika) má charakter lomené křivky. Toto platí jen za podmínky, že máme ionty jedné pohyblivosti k , [21].



Obrázek 4. A-V charakteristika měřená a) rozptylovou metodou, b) aspiračním kondenzátorem, [21].

Přístroje, zaměřené na určování objemové koncentrace iontů v plynné fázi, se nazývají iontometry. Na základě konstrukce těchto přístrojů rozlišujeme 2 základní typy: jedny jsou založené na vybíjení a druhé na nabíjení izolovaného vodiče. Každý iontometr dle konstrukce dokáže detekovat jiné ionty. Neexistuje dokonale univerzální měřič, který by přesně zachycoval jak těžké, tak i velmi lehké ionty, [5].

3.1 Měření lehkých iontů

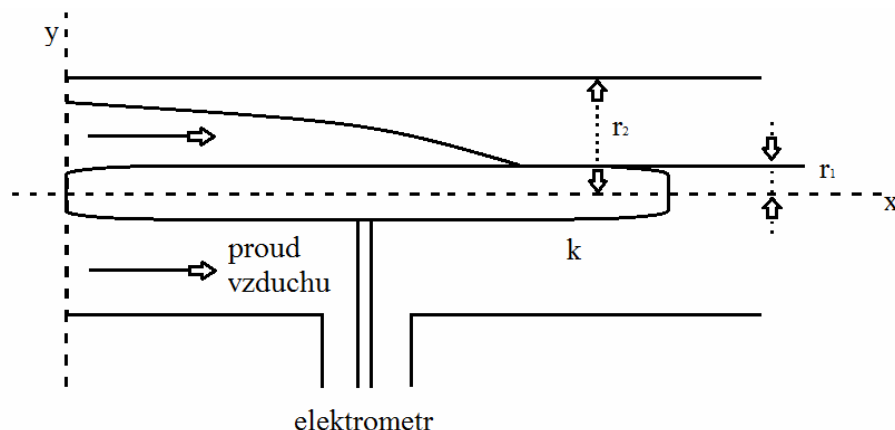
Měření lehkých iontů můžeme popsat vzorcem, [8]:

$$n = \frac{(U_1 - U_2) \cdot C}{e \cdot M} \quad (6)$$

kde n je počet iontů v objemové jednotce použitého vzduchu; $U_1 - U_2$ uvádí rozdíl měřených napětí před a po průchodu vzduchu (při vypnutém a zapnutém ventilátoru); C [F] – kapacita sondy; e – náboj elektronu ($e^- = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$); M [m^3] – celkové množství proteklého vzduchu, [8].

Důležité je uvědomit si fakt, že při měření lehkých iontů dojdeme vždy k číslu, které je vyšší, než skutečná hodnota množství lehkých iontů ve zkoumaném plynu (vzduchu). Tento fakt způsobuje „parazitní“ detekce části těžkých iontů, které nám zvyšují, pozitivně zkreslují naměřené hodnoty. Naměřené hodnoty mohou být mírně zkresleny také rozdíly v elektrostatickém poli Země. Jeho průměrná hodnota je $8 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$, [8]. Vyvarovat se účinku zemského pole lze například umístěním našeho zařízení do

uzemněné klece. Určitou chybu může také přinést v některých případech nelineární proudění vzduchu v sondě. Pokud je proudění turbulentní, může působit proti pohybu iontů. Teoreticky, pokud by proudění v turbulencích bylo až příliš silné, snižovalo by to účinnost detekce, zařízení by mohlo registrovat méně iontů.



Obrázek 5. Parabolická dráha iontu v průtokové komoře, [5].

Při běžném měření se ale tato chyba blíží limitně nule, způsobuje hlavně změnu parabolické dráhy iontu viz. *Obrázek 5. Parabolická dráha iontu v průtokové komoře, [5].*, na dráhu jiného tvaru. Iont je ale nakonec detekován. Při našem měření nás nezajímá místo, kde dopadl, ale skutečnost, že dopadl, [5].

Na *Obrázek 5. Parabolická dráha iontu v průtokové komoře, [5].*, vystupují proměnné: $r_1[\text{cm}]$ udávající poloměr vnitřní elektrody, $r_2[\text{cm}]$ poloměr vnější elektrody.

$$P = \frac{U_0}{y \cdot \log \frac{r_2}{r_1}} \quad (7)$$

Vztah (7) [5], kde $P [\text{V} \cdot \text{cm}^{-1}]$ je elektrické pole o známé intenzitě, $U_0 [\text{V}]$ je vložné napětí.

K vyjádření maximálního rozměru sondy v ose x slouží vztah (8). Pod vlivem intenzity P a sil laminárního proudění vzduchu od ventilátoru (osa x), iont vykoná parabolickou dráhu a přistane na vnitřní elektrodě ve vzdálenosti x . Aby byla splněna podmínka, že všechny ionty určité pohyblivosti budou zachyceny vnitřní elektrodou o délce $d = x_{\text{max}}$.

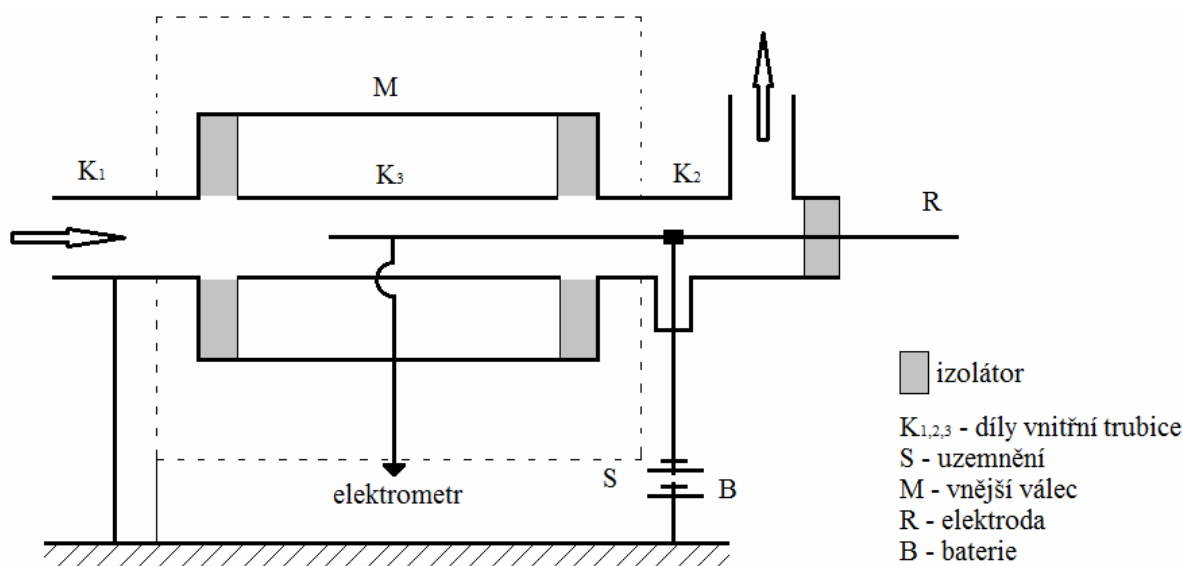
Dále ve vztahu vystupuje rychlost proudění vzduchu c . Vznikne nám, [5]:

$$x_{\max} = \frac{\frac{c}{r_2^2} - \frac{r_1^2}{\log \frac{r_2}{r_1}}}{2 \cdot U_0 \cdot k^{\pm}} \quad (8)$$

kde k [$\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$] je hodnota udávající pohyblivost iontů. Uvedený vztah pro x_{\max} může být ovlivněn tím, že se ve vzorku většinou vyskytují ionty různé pohyblivosti, a také proudění vzduchu sondou není vždy laminární.

Příklad 1): Budeme mít k dispozici sondu o délce 50 cm o vnitřním průměru 3 cm. Uvnitř této sondy je umístěna vnitřní elektroda, bude mít průměr 6 – 7 mm. Přiložené napětí je 30 V. Ventilátor nastavíme tak, aby jeho výkon byl asi $50 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Za těchto podmínek je celková kapacita zařízení kolem 30 pF. Pak přístrojem můžeme registrovat lehké ionty s pohyblivostí $k \sim 0,4 \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ($= 4000 \text{ m}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$). Počet těžkých iontů nebude přesahovat cca 10%. [5].

Funkční schéma měřiče koncentrace vzdušných iontů:



Obrázek 6. Funkční schéma iontometru, [5].

Šipky v obrázku znázorňují směr toku vzduchu, který může být jednoduše řízen připojením ventilátoru na jeden konec sondy.

3.2 Měření těžkých iontů

Registrace těžkých iontů je možná i na přístrojích primárně určených pro měření lehkých iontů. Je zde ovšem nutné provést jednu úpravu, a to tu, že se do osy sondy přidá tyčová asi 250 mm dlouhá elektroda. Na tuto izolovanou elektrodu se přivádí napětí 30 V, vnitřní elektroda je napájena řádově stovkami voltů, např. 500 V. Dále proto, abychom splnili podmínky vztahu pro pohyblivost daných iontů je nutné změnit otáčky ventilátoru, jednotky $\ell \cdot \text{min}^{-1}$. Po této úpravě je přístroj připraven k měření těžkých iontů, [5].

Výsledek měření je opět n – tedy počet těžkých iontů, ovšem skutečná hodnota je zde vždy menší než měřená, poněvadž část iontů je zachycena přidanou elektrodou.

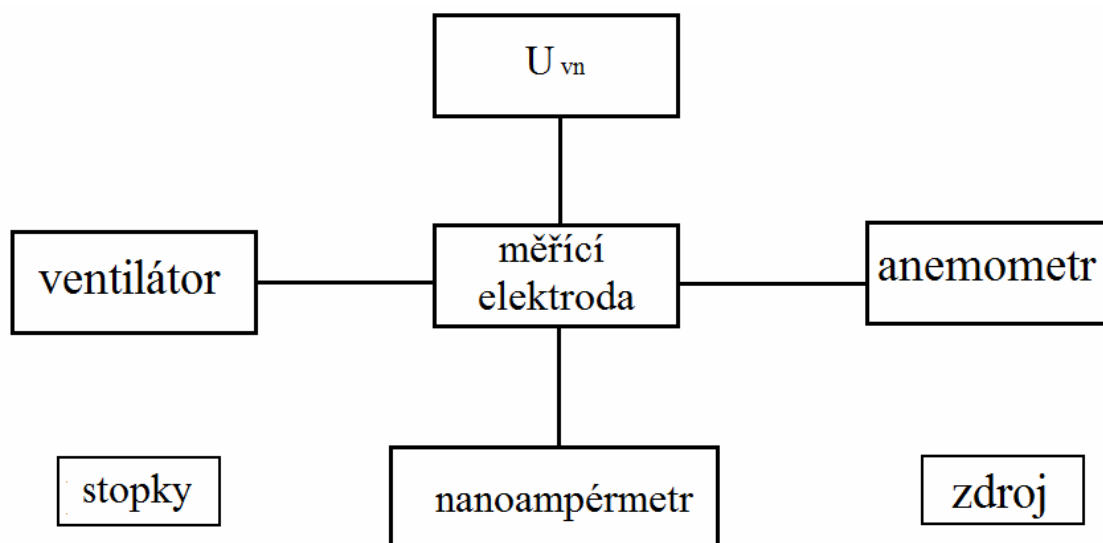
Pozn.: Toto zkreslení je opačné jako při detekování lehkých iontů.

4 Systémový návrh měřiče vzdušných iontů

Nejběžnější z prováděných metod měření vzdušných iontů je nasávací = aspirační metoda. Systémový návrh pro realizaci této metody je zobrazen na Obrázek 7. Systémový návrh. Tento návrh vychází z potřeb a požadavků definovaných v předchozí kapitole.

Jednotlivé komponenty v systémovém návrhu:

- ventilátor – zajišťuje kontinuální průtok vzduchu sondou, vzduch omývá elektrody
- měřicí elektrody – jsou to vlastně dvě elektrody, na vnější přivádíme napětí a vnitřní je měřicí, ke které je připojen nanoampérmetr



Obrázek 7. Systémový návrh.

- anemometr – pro měření je nutné stanovit rychlost proudění vzduchu měřicí sondou. Na základě hodnot z tohoto zařízení a z měřiče času se spočítá množství prošlého vzduchu, ve kterém jsme ionty detekovali.
- nanoampérmetr – nutná komponenta, která nám umožní stanovit velikost proudu vznikajícího mezi elektrodami. Nutné je, aby byl přístroj dostatečně citlivý. Předpokládané hodnoty budou v rozmezí desítek až stovek pA, tedy desetiny až setiny nA. Celkový výkon generátoru vzdušných iontů, množství emitovaných iontů do prostorového úhlu 4π za jednotku času, lze vyvodit z proudu protékajícího v okolí iontového generátoru. K vyjádření závislosti velikosti proudu a počtu lehkých záporných iontů můžeme užít následující vztah, [5]:

$$n = 6,67 \cdot 10^{12} \cdot I \quad (9)$$

Vztah (9) využijeme pro vyjádření očekávaného proudu, který bude nutné detekovat. Dále z něj vyplývá, že pro $n = 300 \text{ cm}^{-3}$ je $I \approx 450 \text{ nA}$. Hodnota $n = 300 \text{ cm}^{-3}$ (lehkých záporných iontů) byla vybrána, protože se jedná o hraniční hodnotu, pokud $n \geq 300$, tvrdíme, že vzduch je čistý.

- stopky nebo jiný měřič času

- U_{vn} – vnější elektroda je napájena vysokým napětím řádově stovky V (např. 500 V)
- zdroj – komponenta zajišťující napájení všech částí systému.

Realizace sondy

Nejběžnější z prováděných metod je nasávací = aspirační metoda. Zařízení nutné pro toto měření si lze představit např. jako tenkostěnný kovový válec, jehož plášť tvoří jednu elektrodu a uvnitř je umístěna druhá tyčová, izolovaná elektroda. Před samotným měřením na vnitřní elektrodu přivedeme známé napětí a následně, po uplynutí určitého časového intervalu, měříme změny proudu mezi elektrodami. Měřené napětí může být značně zatíženo chybou, vzniklou působením elektrostatických polí v okolí měřiče. Z tohoto důvodu, pokud chceme naměřit přesné hodnoty, musíme zajistit kvalitní stínění od rušivých polí. Dokonale to ale nelze provést, protože systém musí být stále otevřený.

Popisovaná metoda vychází z předpokladů plynoucích ze vzorce (6).

Existují různé realizace takových zařízení. Jednu z nich, která byla zhotovena v laboratořích VUT, FEKT: UBMI v Brně, zachycují snímky: *Obrázek 8*. Sonda určená k měření koncentrace vzdušných iontů., *Obrázek 9*. Detail sondy – uprostřed je patrná vnitřní elektroda.

K zobrazené aparatuře viz. *Obrázek 8*. Sonda určená k měření koncentrace vzdušných iontů., je nutné zapojit citlivý měřič proudu, v našem případě nanoampérmetr. Další komponentou je zdroj, pohánějící jak ventilátor, tak zajišťující napájení elektrody.

Údaje o zařízení:

- | | |
|----------------------------|--------|
| • Průměr celé sondy | 60 mm |
| • Průměr vnitřní elektrody | 12 mm |
| • Délka sondy | 380 mm |
| • Ventilátor: DC 12 V, 2 W | |



Obrázek 8. Sonda určená k měření koncentrace vzdušných iontů.



Obrázek 9. Detail sondy – uprostřed je patrná vnitřní elektroda.

Plocha vnitřní elektrody je $14\,325,66\text{ mm}^2 = 143,26\text{ cm}^2 = 0,0143\text{ m}^2$.

Vnitřní plocha vnější elektrody je $71\,628,32\text{ mm}^2 = 716,28\text{ cm}^2 = 0,0716\text{ m}^2$.

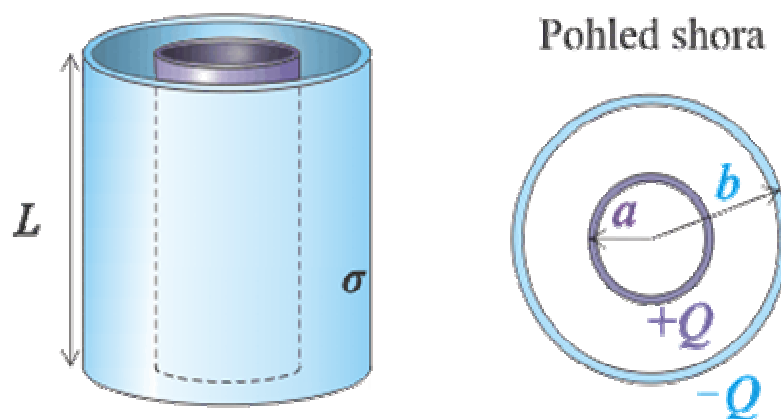
Objem sondy je $4\,125\,790,8\text{ mm}^3 = 4\,125,79\text{ cm}^3 = 0,00413\text{ m}^3$.

Výpočet kapacity sondy

Kapacitu sondy lze vypočítat podle vzorce pro výpočet válcového kondenzátoru, [10]:

$$C = 2\pi\epsilon_0 \frac{L}{\ln(b/a)} \quad (10)$$

kde L je délka sondy, a je průměr vnitřní elektrody, b je průměr vnější elektrody, ϵ_0 je permitivita vakua, $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}\text{ C}^2 \cdot \text{N}^{-1} \cdot \text{m}^{-2} = 8,85 \cdot 10^{-12}\text{ F} \cdot \text{m}^{-1}$.



Obrázek 10. Válcový kondenzátor.

Po dosazení našich parametrů do předchozího vzorce dostáváme:

$$C = 2 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{0,38}{\ln(0,06/0,012)} = 2 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{0,38}{\ln(5)}$$

$$C = 2 \cdot \pi \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,23611$$

$$C = 1,3129 \cdot 10^{-11}\text{ F} = 13,129 \cdot 10^{-12}\text{ F} = 13,129\text{ pF}$$

Friisův vztah [16]

V mnoha oborech elektroniky, např. radioelektronika, se objevuje problém přijímat nebo měřit slabé signály. Měřicí přístroj nebo přijímač, který má na vstupu „šumící“ zesilovač, nebude mít dobrou dynamiku díky špatnému odstupu měřeného signálu od šumového pozadí. Právě Friisův vztah je jedním ze základních vztahů pro popis šumových parametrů systému.

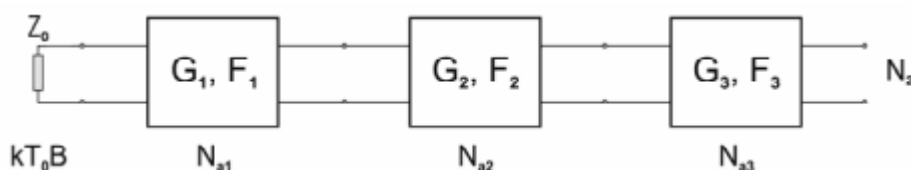
Šum v elektronických obvodech je signál, který vzniká v různých prvcích obvodu zpravidla nahodilými procesy. Podle jeho vzniku rozlišujeme různé typy šumu (blikavý, tepelný, výstřelový atd.).

Při kaskádovém zapojení několika dvoubranů je na vstupu prvního z nich šumový výkon kT_0B . A šum přidaný každým dvoubranem je

$$N_{an} = (F_n - 1)kT_0B \quad (11)$$

kde N_{an} je šumový výkon přidaný předemtným dvoubranem, F je šumový činitel dvoubranu, k je Boltzmanova konstanta $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$; T_0 je fyzická teplota, definiční T_0 je 290 K; B je šumová šířka pásma udávaná v Hz. Následně vystupuje proměnná G reprezentující zisk dvoubranu. Po úpravě pak získáváme Friisův vztah, [16]:

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_{n-1}} \quad (12)$$



Obrázek 11. Kaskáda šumových dvoubranů, [16].

Znalost šumového čísla je důležitá při zpracování slabých analogových, ale také digitálně modulovaných signálů. Měření má 2 omezení: první je dáno definiční teplotou $T_0 = 290 \text{ K}$, druhé – nutnost přítomnosti signálu, ale výstupní šum generátorů nemusí odpovídat kT_0B .

Výsledný šum celého systému je sumou šumu všech jednotlivých komponent, dle vzorce (12). Pro konstrukci systémů k měření velmi slabých signálů je potřeba využívat součástky s minimálním šumovým číslem. Při špatném zvolení komponenty dojde k znehodnocení měřené informace, případně nebudeme schopni měřit vůbec.

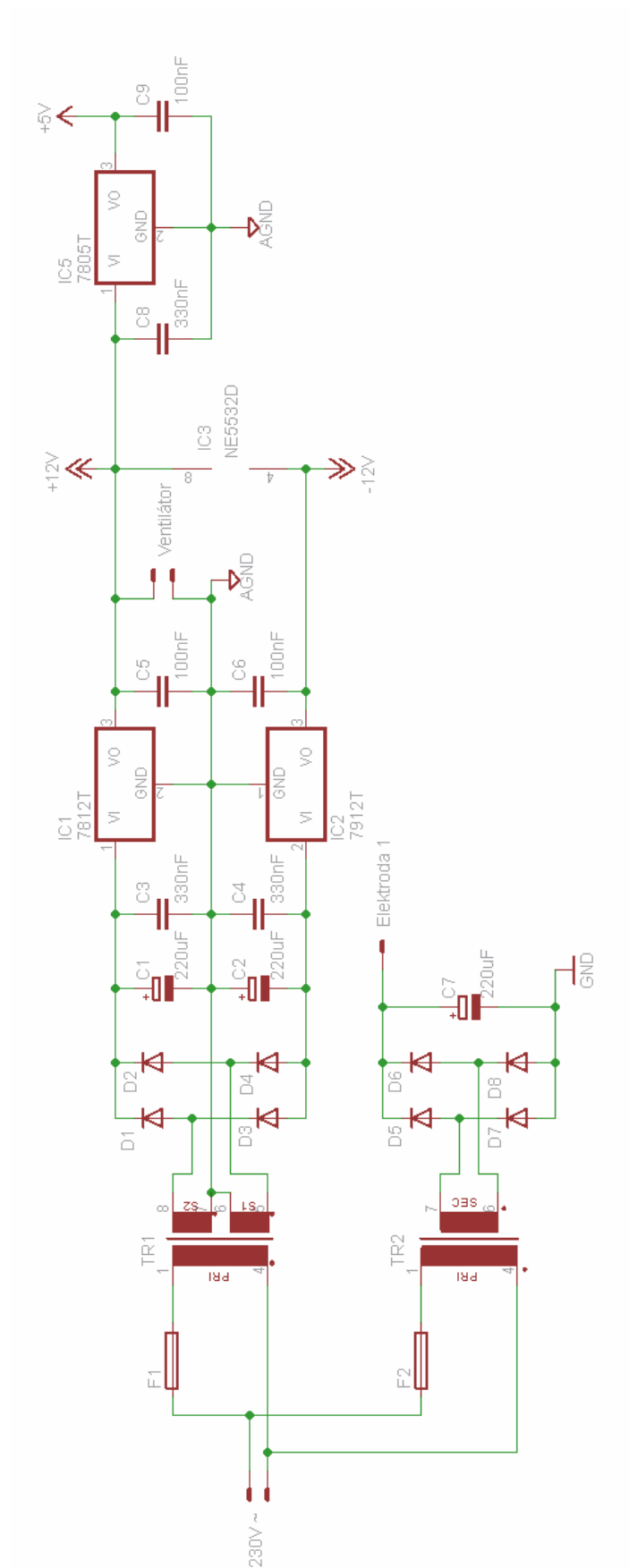
5 Obvodové řešení

Přiložená obvodová řešení: Obrázek 12. Obvodové řešení napájení., Obrázek 13. Obvodové řešení měřicí části zapojení., byla vytvořena v programovém prostředí Eagle [17], v rámci licence VUT, FEKT, Brno.

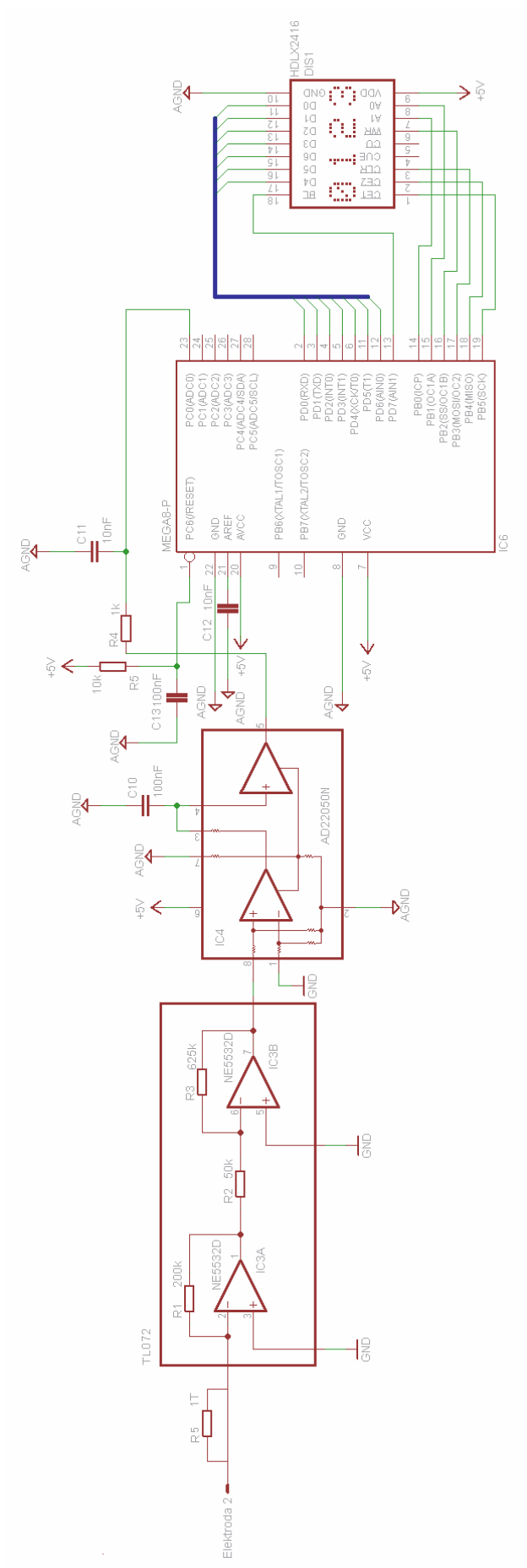
Na schématu I, *Obrázek 12. Obvodové řešení napájení.*, je napětí transformováno ze síťového napětí pomocí dvojice transformátorů TR1 a TR2. V prvním bloku, následujícím po TR1, ze 230 V~ získáváme napětí 12 V a 5 V. Kondenzátory C3 a C4 nám slouží jako filtrační prvky, odfiltrovávají vysoké frekvence. Prvky 7812T a 7912T jsou stabilizátory, které nám vytvoří napětí +12 V a -12 V, toto napětí bude využito ventilátorem. Jako další prvek zde stojí 7805T, který nám zajišťuje na výstupu napětí +5 V, které je přiváděno na převodník a displej. Druhý blok zobrazený v *Obrázek 12. Obvodové řešení napájení.*, je transformace 230 V~ na +500 V.

Schéma II, *Obrázek 13. Obvodové řešení měřicí části zapojení.*, se zabývá samotným měřením napětí, respektive protékajícím proudem v sondě. Elektroda 2 je připojena na vnější část sondy, ke které je paralelně připojen velký odpor ($T \Omega$), zajišťující impedanční přizpůsobení. Tento odpor je keramicko-skleněný. Napětí vstupuje do prvku TL072, což je nízko-šumový operační zesilovač. V tomto prvku dochází k zesílení signálu dle parametrů zesilovače. Takto zesílený signál vstupuje do nábojově citlivého zesilovače AD2205ON, kde dochází k dalšímu zesílení. Toto napětí se přivádí přes řadič na display.

Ve schématech jsou využívány 2 země, GND a AGND. Na zem s označením GND přivádím všechny prvky obvodu, které jsou přímo připojené k napětí 500 V. Ke svodu AGND jsou vztaženy části obvodů využívající nižších napětí 5 V a 12 V.



Obrázek 12. Obvodové řešení napájení.



Obrázek 13. Obvodové řešení měřící části zapojení.

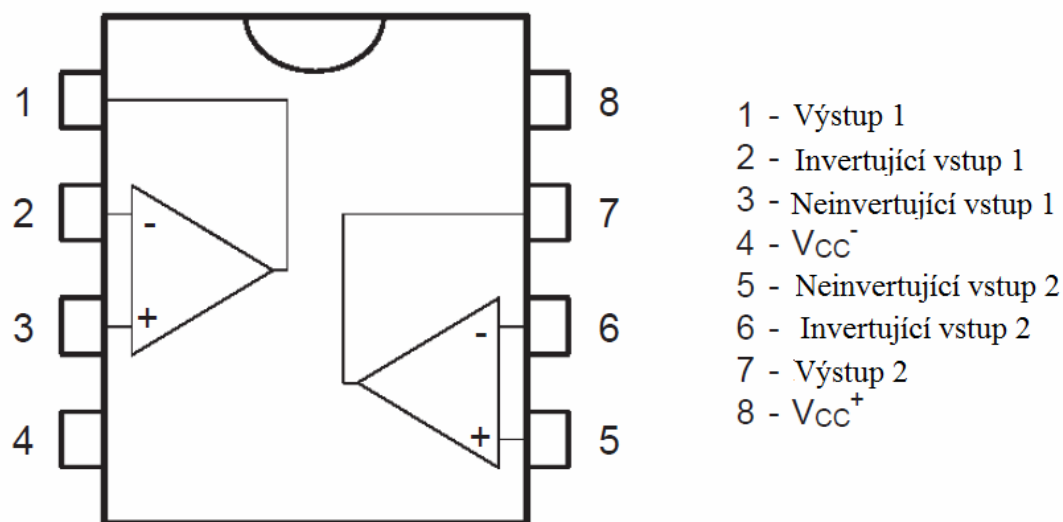
5.1 Operační zesilovač

Nízkošumový operační zesilovač typu TL072.

Technické parametry, [14]:

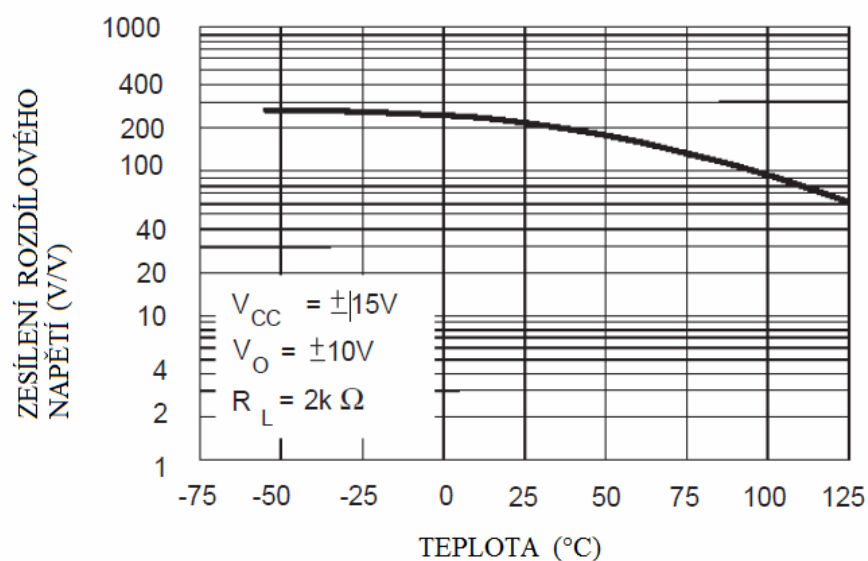
Zesílení:	200 x ($T = 25^{\circ}\text{C}$)
Vstupní napětí:	max. 10 mV
Vstupní napěťový drift:	$10\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
CMR:	86 dB; min. 80 dB ($R_s = 50\ \Omega$, $T = 25^{\circ}\text{C}$)
Vstupní odpor :	$10^{12}\ \Omega$
Celkový výkon:	680 mW
Teplotní rozsah:	-40°C až 105°C (TL072I)
Odezva (High slew rate):	$16\text{V}/\mu\text{s}$

Zapojení pinů zesilovače TL072, pohled shora:



Obrázek 14. Zapojení pinů, [14].

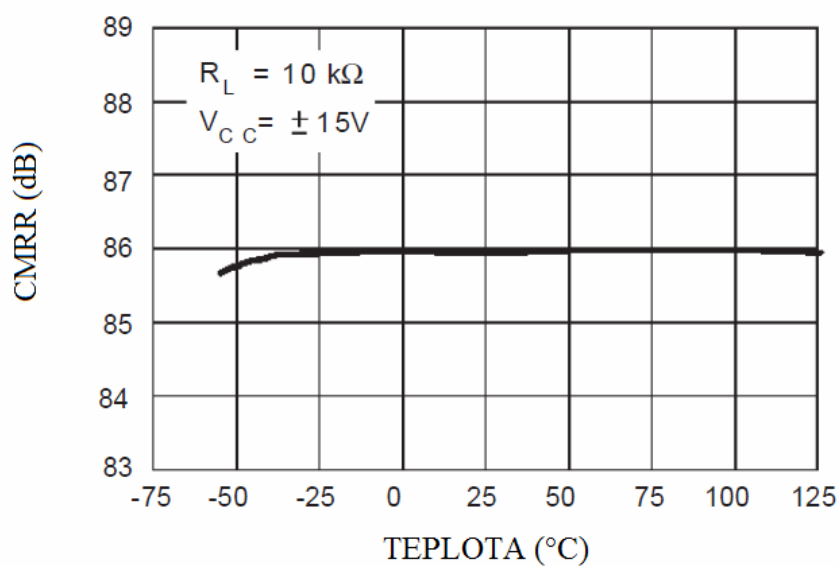
Závislost napěťového zesílení na teplotě:



Obrázek 15. Závislost napěťového zesílení na teplotě, [14].

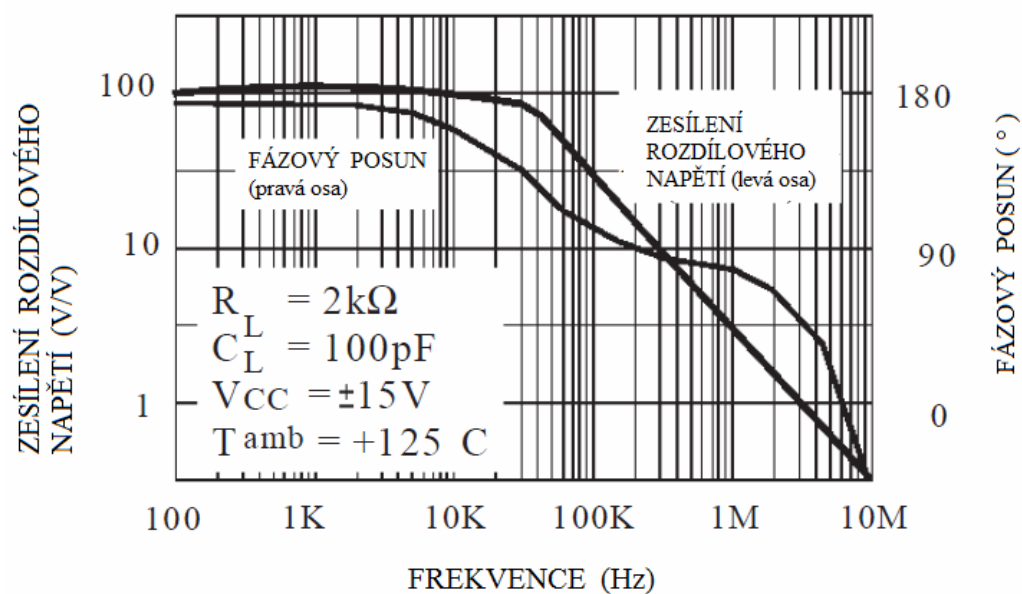
Na Obrázek 15. Závislost napěťového zesílení na teplotě, [14]., je patrné, že nejvyšších hodnot zesílení dosahuje zesilovač TL072 při nízkých teplotách. V rozsahu od -50°C do -25°C je zesílení téměř konstantní, s rostoucí teplotou pak výrazně klesá (osa y je logaritmická).

Závislost diskriminačního činitele (CMRR) na teplotě:



Obrázek 16. Závislost CMRR na teplotě.

Závislost zesílení napětí na frekvenci:



Obrázek 17. Závislost zesílení na frekvenci, [14].

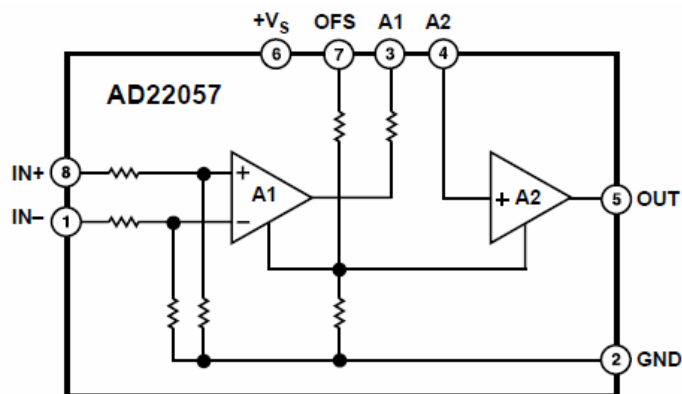
5.2 Nábojově citlivý zesilovač

Zesilovač, typ: AD22050N, od firmy Analog Devices.

Technické parametry, [14]:

Zesílení:	1 x – 160 x
Rozdílový vstupní odpor:	400 k Ω ; min. 280 k Ω
Vstupní CMR:	6 x ($V_S - 1\text{V}$)
CMRR _{LF} pro $f \leq 10\text{Hz}$:	90dB; min. 80dB
CMRR _{HF} pro $f = 10\text{kHz}$:	75dB; min. 60dB

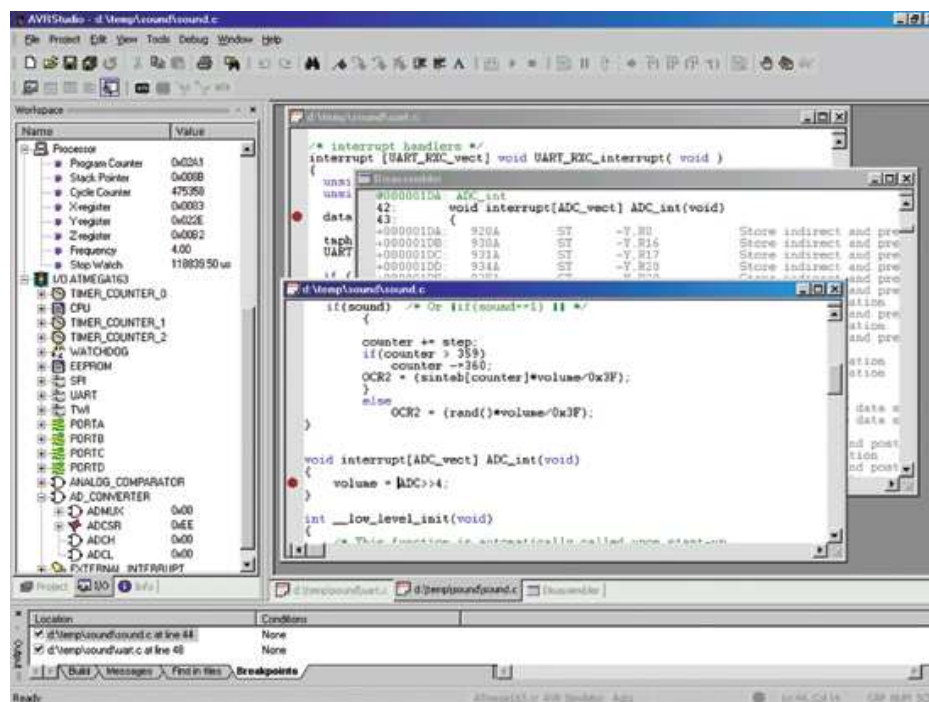
Funkční blokový diagram:



Obrázek 18. Nábojově citlivý zesilovač, [14].

5.3 Převodník

Převodník typu: ATmega8L; výrobce: Atmel



Obrázek 19. Náhled SW aplikace AVR Studio, [15].

Technické parametry, [14]:

AVR 8-bit mikrokontrolér

Programovací paměť: 8 kB

Operační napětí: 4,5 – 5,5 V

Taktovací rychlost: 0 – 8 MHz

Proudový oděr (4 MHz, 3 V, 25°C)

- zapnuté: 3,6 mA

- klidový režim: 1 mA

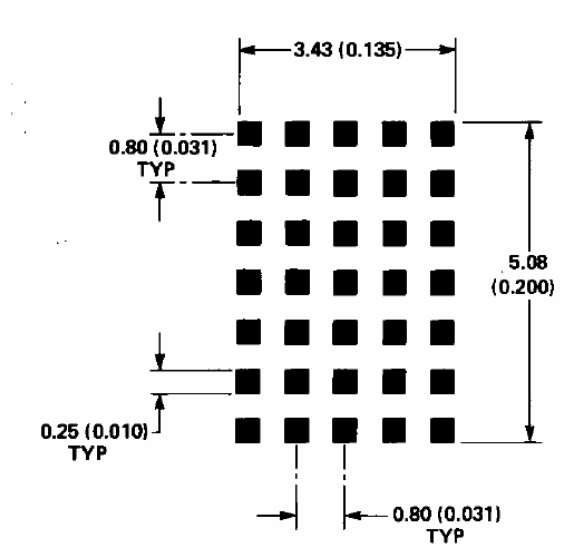
- vypnutý režim: 0,5 μ A

K naprogramování této součástky bylo vybráno HW řešení pomocí STK500 programmer a následně SW aplikace AVR Studio viz. Obrázek 19. Náhled SW aplikace AVR Studia, [15].

5.4 Display

Display typu: HDLX-2416.

Detailní vlastnosti fontu:



Obrázek 20. Detail fontu, [14].

Technické parametry, [14]:

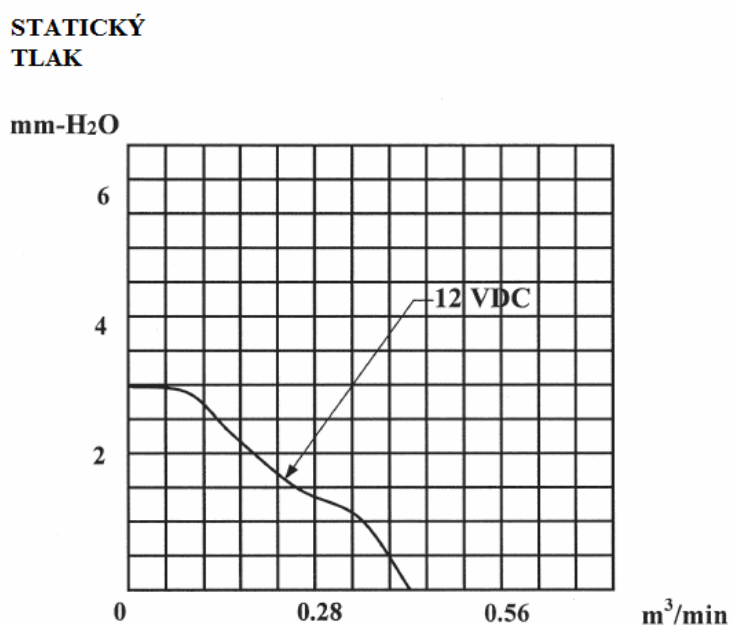
Počet číslic: 4

Vstupní napětí (Supply Voltage): -0,5 – 7 V

Vstupní proud :	max. 4 mA
Velikost fontu :	5 x 7
Svítivost:	3,5 cd; min.1,5 cd (typ HDLA-2416) max. svítivost při $T = 25^{\circ}\text{C}$ $U = 5 \text{ V}$
Hlavní vlnová délka:	602 nm (typ HDLA-2416)

5.5 Ventilátor

Pro zajištění kontinuálního proudění vzduchu trubicí sondy vybrán ventilátor Sunonwealth, model: KD1206PHS3.



Obrázek 21. Tlak vytvářený ventilátorem, [14].

Technické parametry,[14]:

Průměr ventilátoru:	60 mm
Napětí:	12 VDC
Rychlost:	3000 otáček / min $\pm 20\%$ (při 12 V)
Průtok vzduchu:	0,42 m ³ / min

Hlučnost: 25 dB

Tento program je určen pro návrh a nejrůznější simulace elektrického zapojení. Následující obrázek - *Obrázek 23*. Obvodové řešení napájení v programu PSpice., ukazuje náhled uživatelského prostředí uváděného programu. Samotná práce je zde dvoufázová, první se musí vytvořit obvodové schéma, poté můžeme vytvořené schéma analyzovat, měnit parametry jednotlivých komponent. Takto lze docílit odstranění chyb a vyladění obvodu před jeho samotnou fyzickou realizací.

5.7 Soupis součástek a materiálu

Tabulka 3. Přehled součástek a materiálů:, je soupisem komponent užitých ve schématech viz. *Obrázek 7*. Systémový návrh., *Obrázek 12*. Obvodové řešení napájení., *Obrázek 13*. Obvodové řešení měřící části zapojení.

Tabulka 3. Přehled součástek a materiálů:

Č. položky	Součástka	Popis		Množství
		Typ	Velikost	
1	transformátor			2
2	nízko šumový operační zesilovač	TL072		1
3	nábojově citlivý zesilovač	AD22050N		1
4	logický obvod	MEGA8-P		1
5	display	HDLX2416		1
6	stabilizátor	7912T		1
7	stabilizátor	7812T		1
8	stabilizátor	7805T		1
9	dioda			8
10	kondenzátor	Keramický CK 10N X7R	10nF	2
11	kondenzátor	Keramický CK 100N X7R	100nF	5

12	kondenzátor	Keramický CK 220N / 63V2	220 uF	3
13	kondenzátor	Keramický CK 330N / 50V	330 nF	3
14	odpor	MPR 1K	1 kΩ	1
15	odpor	MPR 10K	10 kΩ	2
16	odpor	Sklokeramický	1T Ω	1
17	ventilátor	KD1206PHS3		1
18	digitální stopky	937		1
19				
20				

6 Závěr

Měření koncentrace vzdušných iontů nám objektivně popisuje stav kvality ovzduší, který jinak můžeme posuzovat pouze na základě našich smyslů, tedy subjektivně. Pozitivní vliv iontů, hlavně lehkých záporných, na živé organismy je nezanedbatelný, a proto je vhodné ve zkoumání jejich účinků dále pokračovat. V souvislosti s tím, přichází otázka, jak je měřit, a jak můžeme ovlivnit jejich množství. Na některé otázky jsem odpověděl v této práci. Poznání iontových účinků podmiňuje hledání nejrozumnějších možností jejich uplatnění.

Práce je zaměřena především na aspirační metodu měření koncentrace vzdušných iontů, ovšem v kapitole 3 jsou vyjmenovány i další metody. Práce obsahuje blokové schéma měřicí aparatury a k němu vypracované schéma elektrického zapojení. Ověření funkčnosti tohoto schématu v programovém prostředí PSpice nebylo dokončeno. V závěru jsou zmíněny hlavní parametry užitých součástek.

Zadání bakalářské práce bylo splněno v plném rozsahu.

Seznam použité literatury

- [1] TICHÝ, V., VUČKA, V., WEIGEL, P. *K současné problematice lesního hospodářství, čistoty vod a ovzduší : Metodická příručka č. 10*. Praha : Tiskařské závody Praha, 1986.
- [2] *Zeměpis.com* [online]. 2002-2010 [cit. 2010-10-26]. Vzduch a atmosféra. Dostupné z WWW: <<http://www.zemepis.com/vzduch.php>>.
- [3] Ministerstvo životního prostředí : Ochrana ovzduší: Zpráva o kvalitě [online]. 2008-2010 [cit. 2010-10-26]. Dostupné z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/kvalita_ovzdusi>.
- [4] KOLEKTIV. *Škodlivé účinky statické elektřiny : celostátní seminář*. České Budějovice : Dům techniky ČSVTS.
- [5] SPURNÝ, Z. *Atmosférická ionizace*. Vydání 1. Praha : Academia, 1985.
- [6] KLEPL, V., KLEPL, J. *Jak číst schémata v radiotechnice a elektrotechnice*. Praha : Práce, 1969.
- [7] TOMÁŠOVÁ, D., et al. *Životní prostředí / Brno 2006 - 2007*. Brno : Tiskové středisko Magistrátu města Brna, 2008. [cit. 2010-11-09]. Dostupné z WWW: <<http://www2.brno.cz/download/ozp/1228308202.pdf>>.
- [8] ROZMAN, J., SADOVSKÝ, P., ČERMÁK, D. Diagnostika životního prostředí. Brno, VUT FEI Brno, 2000.
- [9] *Koniklec.cz* [online]. 2009 [cit. 2011-02-14]. Koniklec. Dostupné z WWW: <http://www.koniklec.cz/sdcr/pdf/zz/zz_faltynkova.pdf>.
- [10] HOLLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fyzika : Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Praha : Prometheus, 2000.
- [11] SVOZIL, R. *Měření iontových polí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, FEKT, 2009. Vedoucí semestrální práce Ing. Miloslav Steinbauer, Ph.D.
- [12] *Mistupid.com* [online]. 2001-2011 [cit. 2011-02-22]. Layers of the Atmosphere. Dostupné z WWW: <<http://mistupid.com/science/atmosphere.htm>>.
- [13] *Navajo.cz* [online]. 2011 [cit. 2011-02-22]. Atmosféra. Dostupné z WWW: <<http://atmosfera-2.navajo.cz/>>.
- [14] *Datasheet* [online]. 2011 [cit. 2011-04-10]. Katalog. Dostupné z WWW: <<http://www.datasheetcatalog.com/>>.

- [15] *Atmel* [online]. 2011 [cit. 2011-04-10]. Atmel AVR Studio. Dostupné z WWW: <<http://www2.atmel.com/>>.
- [16] PŘÍHODA, M. *Měření šumového čísla a šumových parametrů* [online]. [s.l.], 2010. [cit. 2011-04-10]. Diplomová práce. ČVUT Praha. Dostupné z WWW: <http://www.radio.feec.vutbr.cz/mtt/soutez2010/dp_mprihoda.pdf>.
- [17] *Eagle - Manual : version 4.1* [online]. 2004 [cit. 2011-04-10]. Dostupné z WWW: <<http://www.lumatron.ch/download/4.16r2/manual-eng.pdf>>.
- [18] KOLKA, Zdeněk. *Počítačové řešení elektronických obvodů*. Brno : VUT, 2007.
- [19] *PSpice User's guide* [online]. 1998 [cit. 2011-04-23]. Dostupné z WWW: <<http://www.electronics-lab.com/downloads/schematic/013/tutorial/PSPICE.pdf>>
- [20] *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2008 [cit. 2011-05-12]. Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu. Dostupné z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/kjotsky_protokol>.
- [21] BARTUŠEK, Karel. *Elektrorevue* [online]. 2001 [cit. 2011-05-15]. Měření spektrálních charakteristik iontových polí. Dostupné z WWW: <<http://www.elektrorevue.cz/clanky/01038/index.html>>.
- [22] *CSVTS* [online]. 2006 [cit. 2011-05-15]. Jaderná energetika v pracích mladé generace. Dostupné z WWW: <<http://www.csvts.cz/cns/mikulas/sborniky/2006.pdf>>.

Seznam obrázků

Obrázek 1. Rozdělení jednotlivých vrstev atmosféry, [12].....	9
Obrázek 2. Grafické znázornění zastoupení plynů v atmosféře, [13].....	10
Obrázek 3. Iontová aglomerace v ovzduší, [5].	12
Obrázek 4. A-V charakteristika měřená a) rozptylovou metodou, b) aspiračním kondenzátorem, [21].	18
Obrázek 5. Parabolická dráha iontu v průtokové komoře, [5].....	19
Obrázek 6. Funkční schéma iontometru, [5].....	20
Obrázek 7. Systémový návrh.	22
Obrázek 8. Sonda určená k měření koncentrace vzdušných iontů.....	24
Obrázek 9. Detail sondy – uprostřed je patrná vnitřní elektroda.	24
Obrázek 10. Válcový kondenzátor.....	25
Obrázek 11. Kaskáda šumových dvoubranů, [16].....	26
Obrázek 12. Obvodové řešení napájení.	28
Obrázek 13. Obvodové řešení měřící části zapojení.....	29
Obrázek 14. Zapojení pinů, [14].	30
Obrázek 15. Závislost napěťového zesílení na teplotě, [14].....	31
Obrázek 16. Závislost CMRR na teplotě.	31
Obrázek 17. Závislost zesílení na frekvenci, [14].....	32
Obrázek 18. Nábojově citlivý zesilovač, [14].....	33
Obrázek 19. Náhled SW aplikace AVR Studia, [15].....	33
Obrázek 20. Detail fontu, [14].	34
Obrázek 21. Tlak vytvářený ventilátorem, [14].....	35
Obrázek 22. Informace o verzi programu.	36
Obrázek 23. Obvodové řešení napájení v programu PSpice.....	36

Seznam zkratek

CMR	= CMRR (Common Mode Rejection Ratio); diskriminační činitel
CNS	Centrální nervová soustava
DC	Direct current = stejnosměrný proud
HW	Hardware
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
RPM	Rotation per minute = otáčky za minutu
SW	Software
UV	Ultrafialové záření
VUT	Vysoké učení technické

Seznam příloh

CD: *Petr Kudlička, bakalářská práce: Měření koncentrace vzdušných iontů, 2011*

Obsahuje:

- Elektronická verze bakalářské práce